

УДК 624.011.

Кузнецов И.Л. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuz377@mail.ru

Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: leenur@mail.ru

Крайнов И.В. – магистр

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Разработка и исследование клеефанерной двутавровой балки

Аннотация

В статье рассматривается новое конструктивное решение клеефанерной двутавровой балки, состоящей из поясов и фанерной стенки, которая дополнительно закреплена в пазах поясов цилиндрическими нагелями. Приводятся конструктивные параметры опытного образца, численные расчеты несущей способности, проведенные на программном комплексе Ansys в геометрически и физически нелинейной постановке, а также результаты экспериментальных исследований. Приведены сравнительные графики результатов эксперимента и численного моделирования, а также изображения напряженно деформированного состояния балки.

Ключевые слова: клеефанерная балка, цилиндрические нагели, напряженно-деформированное состояние, экспериментальные исследования.

В практике строительства широко применяются клеефанерные балки [1]. По конструктивному исполнению указанные балки могут быть выполнены коробчатого или двутаврового сечения. Наилучшими показателями по расходу материала обладают клеефанерные балки двутаврового сечения. Одной из главных проблем указанных балок является обеспечение прочности соединения фанерной стенки с поясами из цельной или клееной древесины.

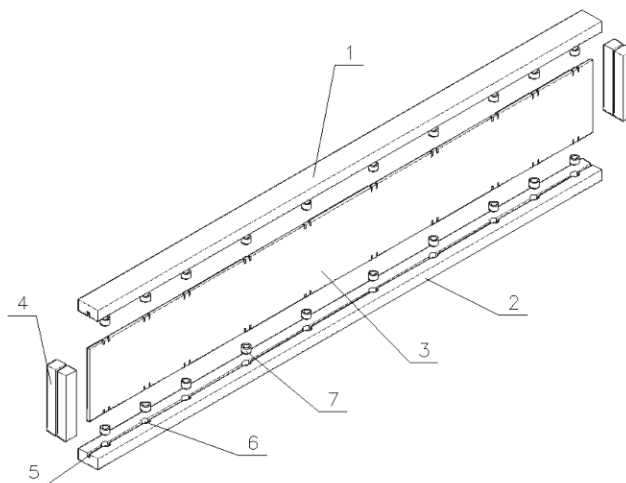


Рис. 1. Общий вид новой конструкции клеефанерной балки в процессе сборки:

1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – фанерная стенка; 4 – опорные ребра; 5 – продольный паз в поясах балки; 6 – цилиндрические выемки; 7 – нагели из отрезка стальных или пластиковых труб

Предлагается новая конструкция (рис. 1) клеефанерной балки [2], в которой фанерная стенка, вставленная в продольные пазы поясов из цельной или клееной древесины, дополнительно соединяется по длине цилиндрическими нагелями. Нагели выполняются из отрезков стальных или пластиковых труб и устанавливаются в цилиндрические углубления в поясах балки и пропилены по кромкам фанерной стенки.

Предлагаемая клеефанерная балка обладает конструктивной новизной [2], поэтому для оценки эффективности предлагаемого решения и разработки методики расчета были проведены теоретические и экспериментальные исследования опытного образца балки.

Конструктивные параметры опытного образца клефанерной балки приведены на рис. 2.

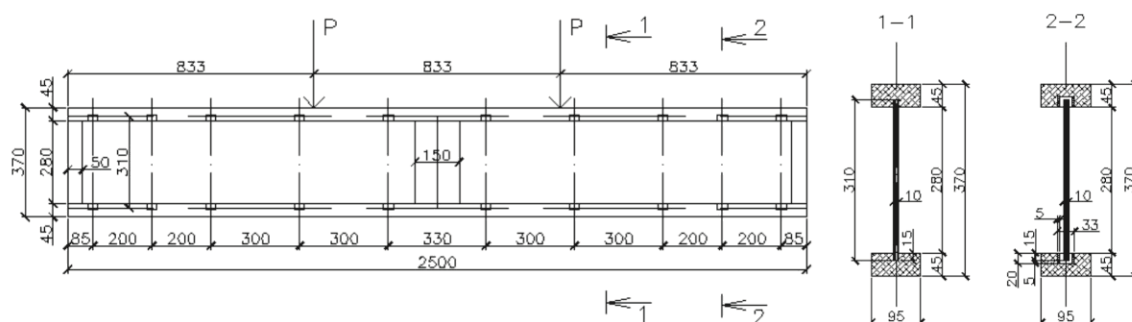


Рис. 2. Конструктивное выполнение экспериментальной клефанерной балки и схема загрузки

Пояса балки выполнены из сосны 1-ого сорта сечением 45×95 мм, а стенка из фанеры толщиной 10 мм со стыком в середине пролета. Нагели изготовлены из отрезков полипропиленовых труб сечением 33×5 мм и высотой 20 мм. В поясах балки выполнены продольные пропилов шириной 12 мм и глубиной 20 мм, в которые вставлены кромки фанерной стенки.

В направлении пропилов с шагом 200 и 300 мм образованы цилиндрические углубления диаметром 33 мм и глубиной 20 мм. Соединение стенки и поясов балки осуществляется на эпоксидном клее.

Теоретическое определение напряженно-деформированного состояния опытного образца балки выполнялось аналитически по известным формулам [3], с учетом различных модулей упругости древесины поясов и фанерной стенки по приведенным геометрическим характеристикам поперечного сечения балки, и численным методом на программном комплексе ANSYS, когда балка представляет собой конечно-элементную модель.

Испытания балки проводились на специальной рычажной установке (рис. 3). Балка укладывалась на шарнирные опоры, а загрузка осуществлялась мерным грузом, прикладываемым к рычагу с соотношением плеч 1:6. Нагрузка на балку прикладывалась через траверсу в двух точках интенсивностью P симметрично относительно середины балки (рис. 2, 3). Напряжения в поясах балки определялись по показаниям тензодатчиков, наклеенных в середине пролета и подключенных к измерителю деформаций АИД-4. Прогиб балки определялся в середине балки прогибомером дистанционного типа. Для определения относительного сдвига поясов и стенки балки в двух крайних отсеках были установлены индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.

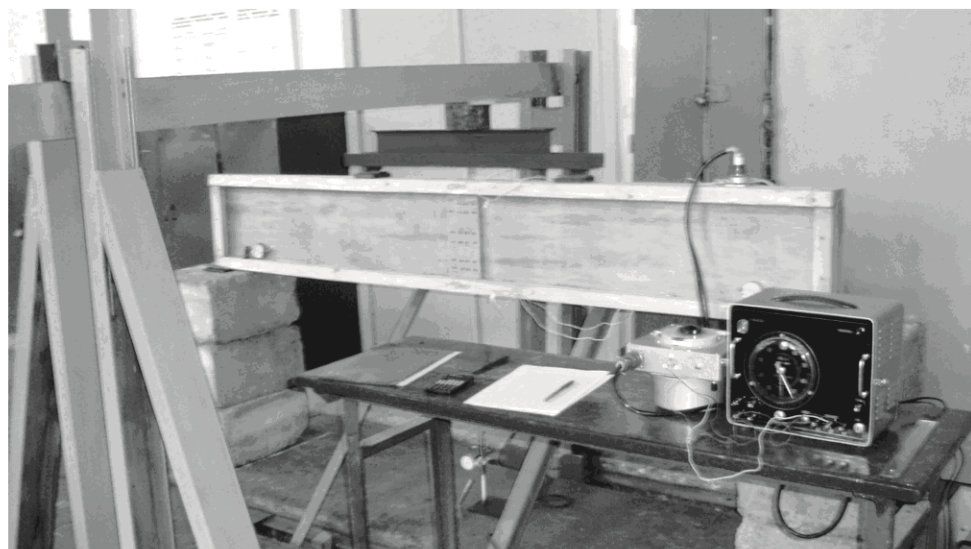
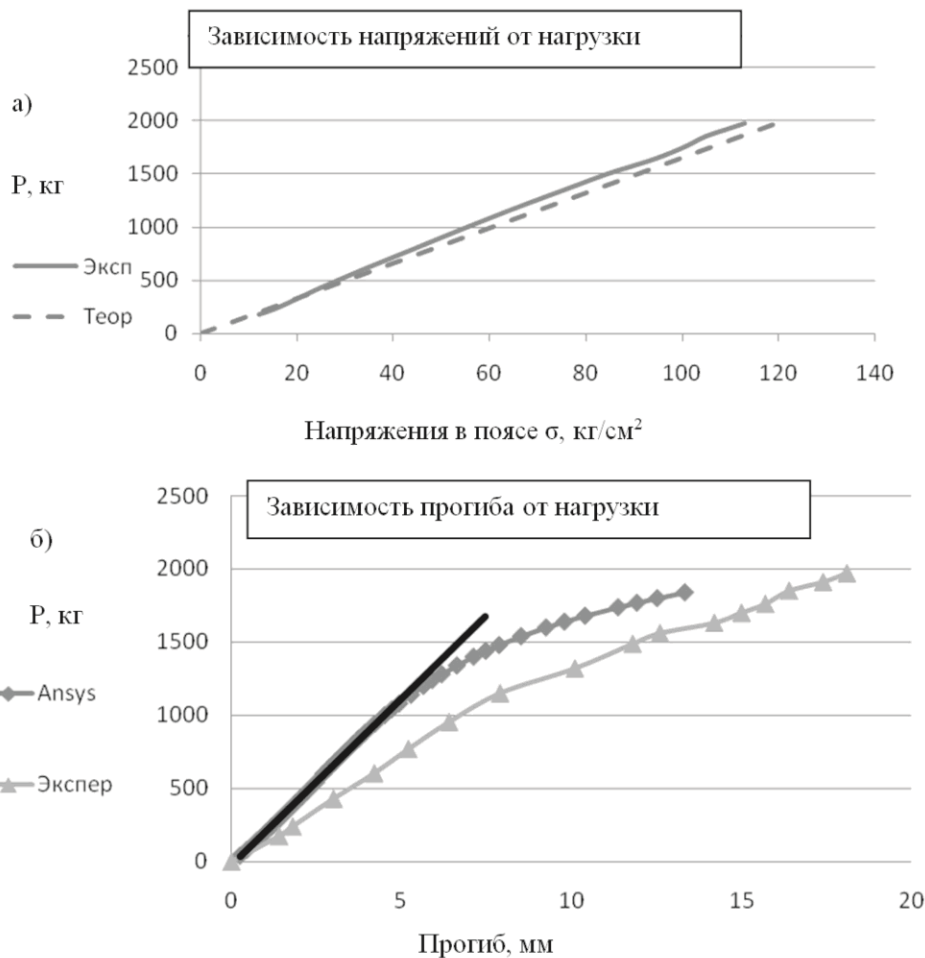


Рис. 3. Общий вид клефанерной балки в процессе испытания

Расчетная модель в программном комплексе Ansys представляет собой конечно-элементную модель стенки, поясов и кольцевых нагелей из полипропилена. Механические свойства древесины и фанеры задавались согласно нормативным источникам, а для кольцевых нагелей – согласно экспериментальным данным. Условия контакта между нагелями и поясом, а также нагелями и стенкой подразумевали передачу только усилий сжатия, т.е. возможно формирование зазоров. Данное решение основывалось на следующих предпосылках: первое – поверхность соприкосновения между стенкой (в месте пропила) и нагелем очень мала; второе – взаимодействие данного клеевого состава между полипропиленом и деревом отличается в сторону ухудшения, от взаимодействия между деревом и фанерой. Моделирование клеевого соединения между стенкой и поясом на участках между нагелями производилось с помощью использования соответствующего типа контакта, который позволял небольшой сдвиг между склеенными элементами, но запрещал отрыв элементов друг от друга.

Расчет производился в нелинейной постановке. Нагрузка прикладывалась поэтапно в течение десяти шагов. Анализируя график зависимости прогибов от нагрузки (рис. 4в), можно сделать вывод, что упругая работа балки под нагрузкой наблюдается только при ее значениях до 1200 кг в каждый узел. Далее прогибы растут быстрее нагрузки, что говорит о нелинейной работе. При этом уровень напряжений при данной нагрузке не превышает расчетных сопротивлений дерева и фанеры (рис. 4а). Следовательно, можно сделать вывод, что причиной нелинейного характера деформаций от нагрузки является закритическая работа кольцевого нагеля из полипропилена. Экспериментально определенный сдвиг стенки (рис. 4в) относительно пояса на опоре, равный 1-2 мм, также подтверждает данное утверждение. Рассматривая напряженно-деформированное состояние стенки и поясов на рис. 5, можно сделать вывод, что при нагрузке, превышающей 1200 кг в каждый узел, и сдвиге стенки относительно пояса (рис. 6) напряжения в стенке балки начинают превосходить напряжения в поясе.



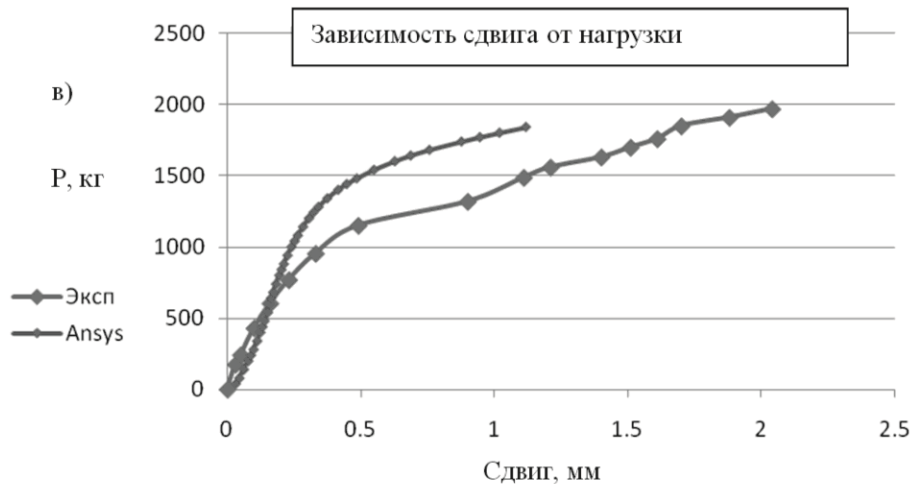


Рис. 4. Графики зависимостей напряжений (а), прогиба (б) и сдвига (в) от нагрузки

Распределение нормальных напряжений в балке приведено на рис. 5. Значения напряжений, превышающие 15 МПа не отображаются. Напряжения, превышающие 15 МПа, возникают в зонах концентраций и не принимаются в расчет.

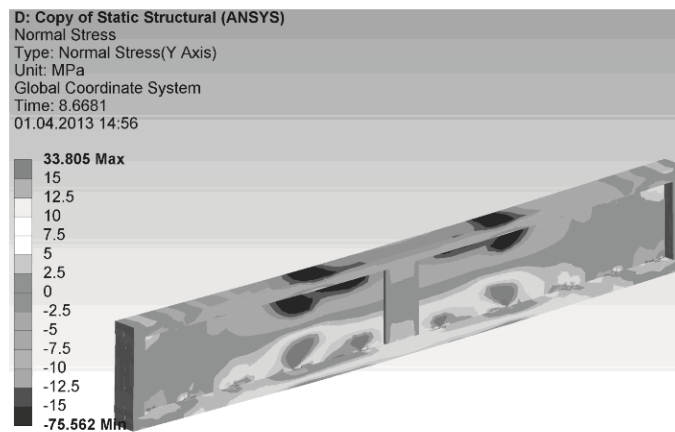


Рис. 5. Нормальные напряжения в балке

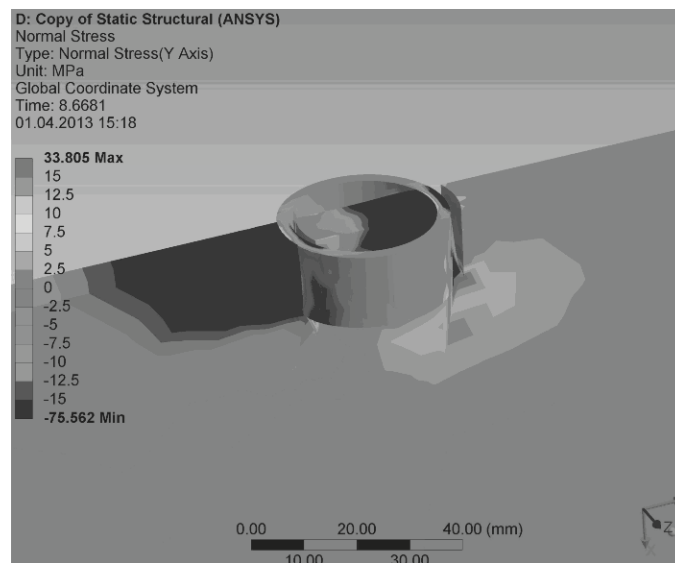


Рис. 6. Деформация зоны сопряжения нагеля и стенки балки (пояс условно не показан)

Выводы:

1. Результаты теоретических и экспериментальных исследований новой конструкции клефанерной балки [2] показали, что использование цилиндрических нагелей обеспечивает повышение несущей способности клеевого соединения фанерной стенки с поясами и достаточно эффективно для практической реализации.

2. Дальнейшие исследования по повышению эффективности предложенного решения клефанерной балки должны быть направлены на поиск оптимальных соотношений жесткостных характеристик клеевого шва и нагельного соединения.

Список литературы

1. Зубарев Т.Н., Лялин И.М. Конструкции из дерева и пластмасс. – М.: Высшая школа, 1980. – 311 с.
2. Клефанерная балка. Патент РФ № 2454526. МПК E04C 3/14. Бюллетень № 18 от 27.06.2012.
3. Карлсон Г.Г., Слишкоухов Ю.В. Конструкции из дерева и пластмасс изд. перераб. и док. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.

Kuznetsov I.L. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuz377@mail.ru

Gimranov L.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: leenur@mail.ru

Kraynov I.V. – magistrate

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development and research of glue-laminated plywood I-beam**Resume**

This article reviews the design methods of laminated I-beam. The design approach included theoretical, experimental research and engineering simulation on software. The laminated I-beam consists of the following parts: top and bottom chord made from timber, dam made from plywood and tubular nogs that join dam with chords. The dam of the beam has prepared slots for nogs installing, and top and bottom chords have holes in their faces. Nog is a short cut of the polypropylene pipe with length about 25 mm. The seam that fixing dam and chords together also has additionally glue layer. As long as the nog and layer of glue can transfer the shear force between chords and dam beam would be as it one solid body. When the stress inside the nog reaches the critical values some sort of sleep can occur and chord and web would be carrying load separately from each other. The experiment has shown that the maximum sag of the beam was around 17 mm that relates the maximum load 40 kH. But nonlinear dependence between load and deformation occurred when the load reach 22 kH. The total deformations of the beam that calculated theoretically were significantly less than experimental (4,5 times less) simultaneously the engineering simulation has shown appropriate results with difference relatively to experiment around 38 %.

Keywords: glue laminated, I-beam, nogs, timber chords, plywood dam.

References

1. Zubarev T.N., Lyalin I.M. Structures from timber and plastic materials. – M.: High School, 1980. – 311 p.
2. Glulam timber-plywood I-beam. Patent RF №2454526. MPK E04C 3/14. bulletin № 18 27.06.2012.
3. Carlson G.G., Slickouhov U.V. Structures from timber and plastic material. 5-th. – M.: Stroizdat, 1986. – 543 p.